

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
 MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
 SERVICE
 de la PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

BREVET D'INVENTION

P.V. n° 19.657

Classification internationale :

N° 1.445.735

F 16 h

Perfectionnements aux dispositifs de synchronisation des arbres tournants.

MM. VICTOR APSTEIN et PIERRE LEBOIME résidant en France (Seine).

Demandé le 4 juin 1965, à 15^h 30^m, à Paris.

Délivré par arrêté du 6 juin 1966.

(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 29 de 1966.)

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)

L'invention est relative aux dispositifs pour synchroniser deux arbres tournants, c'est-à-dire pour rendre progressivement égal à une valeur donnée le rapport entre les vitesses de rotation de ces deux arbres, provisoirement désaccouplés, en vue notamment de les accoupler sans à-coup, et elle concerne plus spécialement (parce que c'est dans leur cas que son application semble devoir offrir le plus d'intérêt), mais non exclusivement, parmi ces dispositifs, ceux pour synchroniser juste avant leur accouplement les éléments rotatifs d'une boîte de vitesses propre à transmettre une puissance élevée, de préférence supérieure à 300 CV, comme c'est notamment le cas pour les boîtes des locomotives, celles des véhicules poids lourds, celles de certains engins de levage, de manutention, de forage.

Elle a pour but, surtout, de rendre ces dispositifs tels qu'ils répondent mieux que jusqu'à ce jour aux diverses exigences de la pratique.

Elle consiste, principalement, à faire comprendre aux dispositifs en question deux ensembles de pompage volumétrique montés respectivement sur les deux arbres à synchroniser et susceptibles de fonctionner chacun aussi bien en moteur qu'en récepteur, l'un au moins de ces ensembles étant prévu de façon à fonctionner selon au moins deux régimes différents (c'est-à-dire admettant au moins deux valeurs différentes pour le rapport entre sa vitesse de rotation et le débit du liquide qui le traverse), deux canalisations reliant respectivement la sortie de chacun de ces deux ensembles à l'entrée de l'autre, des moyens anti-retour pour admettre librement le liquide de pompage sous pression dans chacune de ces canalisations et des moyens pour évacuer ledit liquide de chacune desdites canalisations sous une contre-pression, de préférence réglable, supérieure à celle qui correspond à la synchronisation recherchée.

Elle comprend, mise à part cette disposition

principale, certaines autres dispositions qui s'utilisent de préférence en même temps et dont il sera plus explicitement parlé ci-après.

Elle vise plus particulièrement un certain mode d'application (celui pour lequel on l'applique à la synchronisation des boîtes de vitesses des locomotives), ainsi que certains modes de réalisation desdites dispositions; et elle vise plus particulièrement encore, et ce à titre de produits industriels nouveaux, les dispositifs de synchronisation du genre en question comportant application de ces mêmes dispositions, ainsi que les éléments spéciaux propres à leur établissement et que les ensembles, tels que les boîtes de vitesses, équipés de semblables dispositifs de synchronisation.

Et elle pourra, de toute façon, être bien comprise à l'aide du complément de description qui suit, ainsi que des dessins ci-annexés, lesquels complètent et dessins sont, bien entendu, donnés surtout à titre d'indication.

La figure 1, de ces dessins, montre très schématiquement un dispositif de synchronisation de boîte de vitesses établi conformément à l'invention.

La figure 2 montre aussi schématiquement une variante d'une partie de ce dispositif.

La figure 3 montre encore schématiquement un autre dispositif de synchronisation de boîte de vitesses conforme à l'invention.

Et la figure 4 montre, toujours schématiquement, une partie d'un troisième dispositif de synchronisation de boîte de vitesses conforme à l'invention.

Selon l'invention, et plus spécialement selon celui de ses modes d'application, ainsi que selon ceux des modes de réalisation de ses diverses parties, auxquels il semble qu'il y ait lieu d'accorder la préférence, disposant de deux arbres rotatifs, et se proposant de synchroniser ces deux arbres, c'est-à-dire de donner progressivement au rapport de leurs vitesses de rotation

66 2191 0 73 491 3

Prix du fascicule : 2 francs

une valeur prédéterminée, après les avoir désaccouplés, ladite valeur différent de celle qu'avait ledit rapport juste avant le désaccouplement de ces arbres, on s'y prend comme suit ou d'une façon analogue.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, il convient de rappeler que, dans les boîtes de vitesses à engrenages, lorsqu'on passe d'une combinaison ou « vitesse » à une autre, il est nécessaire de désaccoupler la partie motrice de la partie entraînée, puis de ralentir ou d'accélérer l'une de ces parties en fonction de la nouvelle combinaison désirée avant d'enclencher cette dernière, si l'on désire éviter d'imposer de brusques discontinuités à la vitesse de la partie entraînée et, le cas échéant, à celle de la partie motrice.

Une solution couramment utilisée consiste à opérer un « double débrayage » lors de la descente des vitesses, seule la partie motrice de la boîte, alors mise au point mort, étant réaccouplée avec la source motrice entre les deux débrayages de façon à être alors accélérée isolément : le problème ne se pose pas lors de la montée des vitesses du fait que la partie motrice ralentit d'elle-même lorsqu'elle n'est plus accouplée à la source.

Cette solution est intéressante pour les faibles puissances, mais elle exige une certaine habileté du conducteur et est de plus en plus délicate au fur et à mesure que les puissances augmentent.

On connaît aussi des synchroniseurs automatiques à friction, mais ceux-ci ne sont applicables également que pour les faibles puissances en raison des problèmes posés par l'évacuation des calories, qui conduisent à des dimensions prohibitives.

Pour remédier à ces inconvénients, conformément à l'invention, on engendre l'énergie qui assure la synchronisation automatique des deux arbres par un liquide en circulation continue traversant successivement deux organes de pompage volumétrique solidaires respectivement des deux dits arbres : ce liquide peut ainsi être facilement refroidi en tout point désirable de son circuit.

Dans le mode de réalisation schématisé sur la figure 1, la référence 1 désigne l'arbre d'entrée (ou moteur, ou entraîneur) et la référence 2, l'arbre de sortie (ou récepteur, ou entraîné) d'une boîte de vitesses. Cette boîte comprend quatre trains d'engrenages toujours en prise 3-4, 5-6, 7-8 et 9-10 ayant des rapports différents, les premiers engrenages 3, 5, 7 et 9 de chaque train étant montés fous autour de l'arbre 1 et leurs deuxièmes engrenages 4, 6, 8 et 10 étant solidaires de l'arbre 2. Des crabots 11 et 12 solidaires en rotation de l'arbre 1 peuvent coulisser le long de cet arbre de façon à s'accoupler à volonté, le premier avec l'un des engrenages 3

et 5, et le deuxième avec l'un des engrenages 7 et 9.

On cale sur l'arbre 1 une pompe hydraulique 13 à débit variable, c'est-à-dire admettant plusieurs régimes de fonctionnement différents (ici quatre) qui peuvent être déterminés par autant de positions différentes d'un levier 14. Ces différents régimes correspondent à autant de valeurs différentes pour le débit de liquide qui traverse la pompe 13 pour une vitesse de rotation donnée de celle-ci, les rapports entre ces différentes valeurs de débit étant égaux à ceux des différentes « vitesses » de la boîte.

Un moteur hydraulique 15 à débit constant est calé sur l'arbre 2.

La sortie de la pompe 13 est reliée à l'entrée du moteur 15 par une canalisation 16 et la sortie du moteur 15 est reliée à l'entrée de la pompe 13 par une canalisation 17.

Chacune des canalisations 16 et 17 est reliée à un réservoir d'huile 18 (ou autre liquide) d'une part par un clapet anti-retour (19 ou 20) et d'autre part par un clapet de pression (21 ou 22) chargé par un ressort taré.

Le fonctionnement du dispositif est le suivant :

En régime normal, l'huile sous pression circule en circuit fermé de la pompe au moteur et inversement, la totalité du volume débité par la pompe étant absorbé par le moteur, renvoyé dans la pompe et ainsi de suite.

Supposons que l'on désire monter de la première à la deuxième vitesse.

On commence par mettre au point mort le crabot 11 en le séparant de l'engrenage 3. Il faut alors ralentir l'arbre 1, qui est désaccouplé de l'arbre 2 ou, ce qui revient au même, accélérer cet arbre 2.

Il suffit à cet effet de basculer le levier 14 de la position « première vitesse » à la position « deuxième vitesse » : ce geste, qui peut être facilement commandé de façon automatique, a pour effet d'augmenter brusquement le débit d'huile nécessaire au fonctionnement normal de la pompe. Juste après cette commande brusque, le volume d'huile provenant du moteur commence par être insuffisant, de sorte que la pompe aspire un complément de débit à travers le clapet 20 selon la flèche 23. De même elle refoule un excès d'huile à l'entrée du moteur 15.

Cet excès d'huile se divise en deux fractions : l'une s'échappe selon la flèche 24 vers le bac 18 à travers le clapet de pression 21 et l'autre pénètre dans le moteur en l'accélération.

Cette accélération se prolonge jusqu'à ce que la première desdites fractions (dont l'importance relative décroît progressivement) devienne nulle, ce qui correspond à la fermeture du clapet de pression 21. Le ressort qui charge ce clapet est taré de façon telle que la synchronisation soit assurée en un temps raisonnable.

On peut alors mettre en prise le crabot 11 avec le pignon 5 : ces deux éléments, étant synchrones, se solidarisent sans aucun à-coup, et le transfert des couples peut être assuré par les engrenages 5 et 6 correspondant à la deuxième vitesse.

Si l'on suppose au contraire que l'on désire rétrograder de la deuxième à la première vitesse, on met au point mort le crabot 11 en le séparant de l'engrenage 5, puis on bascule le levier 14 pour le remettre en sa position « première vitesse », ce qui a pour effet de réduire brusquement le débit d'huile correspondant au fonctionnement normal de la pompe 13.

Juste après ce changement brusque de situation, la pompe ne débite pas assez pour alimenter le moteur, de sorte que celui-ci aspire de l'huile selon la flèche 25 à travers le clapet 19.

L'excès d'huile sortant du moteur se partage en deux fractions, l'une refoulée vers le bac 18 selon la flèche 26 sous la contre-pression du clapet 22, et l'autre introduite dans la pompe 13, qu'elle accélère progressivement.

Lorsque la synchronisation est assurée, le clapet 22 (dont le ressort est taré en conséquence) se referme et l'on peut enclencher la première vitesse en accouplant le crabot 11 avec l'engrenage 3.

Pour le passage des autres vitesses, dans un sens ou dans l'autre, le fonctionnement de l'ensemble est bien entendu semblable à celui qui vient d'être décrit, comme on le comprend facilement.

Il est à noter que, si le tarage d'un clapet de pression (21 ou 22) est correct pour la synchronisation d'une vitesse, c'est-à-dire permet d'assurer cette synchronisation en un temps raisonnable, il l'est en général pour la synchronisation des autres vitesses du fait que les différentes inerties mises en cause sont en général voisines.

Les termes « pompe » et « moteur » sont tout à fait interchangeables : ils désignent tous deux des organes (ou ensembles d'organes) de pompage hydraulique susceptibles de travailler aussi bien en moteur qu'en récepteur et dont l'un au moins admet au moins deux régimes de fonctionnement différents.

A titre purement illustratif et aucunement limitatif, on indique que la pompe hydraulique 13 à débit variable peut être constituée par un ensemble de pistons axiaux commandés par un plateau à inclinaison variable, et que le moteur hydraulique 15 à débit constant peut être du type à engrenages ou à pistons.

Comme les deux clapets anti-retour 19 et 20 ne travaillent jamais ensemble, pas plus que les clapets de pression 21 et 22, on peut envisager de n'utiliser qu'un seul clapet anti-retour 27 et qu'un seul clapet de pression 28 et de relier automatiquement dans chaque cas le premier à la canalisation (16 ou 17) la moins

chargée et le deuxième à l'autre.

C'est une telle variante qui a été schématisée sur la figure 2.

La liaison automatique désirée y est assurée à l'aide d'un distributeur 29 asservi à la différence entre les pressions régnant dans les canalisations 16 et 17.

Dans le cas de la figure 2 où l'on désire passer à une vitesse supérieure, la pompe 13 débite trop, la pression qui règne dans la canalisation 16 est supérieure à celle qui règne dans la canalisation 17, ce qui repousse le distributeur 29 en sa position extrême droite et relie le clapet 27 à la canalisation 17 et le clapet 28 à la canalisation 16.

Si au contraire on rétrograde, le distributeur 29 est repoussé vers la gauche et les liaisons ci-dessus sont inversées.

L'organe de pompage à débit variable peut être remplacé par plusieurs organes de pompage à débit constant associés à des moyens de distribution appropriés permettant de les faire travailler isolément et éventuellement en combinaison.

Une telle variante a été schématisée sur la figure 3.

Dans cette variante on retrouve une boîte de vitesses du type de la précédente, mais avec deux vitesses seulement (trains d'engrenages 3-4 et 5-6). Sur l'arbre d'entrée 1 est ici clavetée une pompe hydraulique à débit constant 30 et sur l'arbre de sortie 2, deux moteurs hydrauliques 31 et 32 à débits constants différents.

Le rapport R entre ces débits différents (c'est-à-dire entre les cylindrées des deux moteurs 31 et 32) est égal à celui qui existe entre les rapports des deux « vitesses » de la boîte.

Un sélecteur 33 comprenant deux distributeurs 34 et 35 permet de relier à volonté la pompe 30 à l'un quelconque des deux moteurs 31 et 32 et de mettre l'autre hors circuit.

Le fonctionnement du dispositif est tout à fait identique au précédent à la seule différence près que le changement de régime est commandé par le sélecteur 33 au lieu de l'être par le levier 14.

Avec les éléments de la figure 3 on pourrait bien entendu réaliser une troisième combinaison de vitesse en faisant débiter l'huile refoulée par la pompe 30 à la fois dans les deux pompes 31 et 32 montées en parallèle.

D'une façon plus générale, on peut caler les deux organes de pompage hydraulique (ou ensembles de tels organes) sur deux arbres quelconques de la boîte, les régimes différents de ces organes ou ensembles étant déterminés en fonction des impulsions de vitesse à appliquer sur ces arbres en vue de réaliser les synchronisations désirées.

Dans l'exemple de la figure 4, la boîte de vitesses comprend deux demi-boîtes (46, 47) à

deux vitesses chacune interposées chacune entre d'une part un arbre primaire (36, 37) susceptible d'être entraîné par l'arbre d'entrée commun 38 à travers un embrayage approprié (39, 40) et des pignons de renvoi 41 et d'autre part un arbre secondaire (42, 43) constamment accouplé à l'arbre de sortie commun 44 à travers des pignons de renvoi 45.

Dans cet exemple, deux organes de pompage 48 et 49 à débits constants différents sont calés sur l'arbre primaire 36 et deux autres organes de pompage 50 et 51 à débits constants différents sont calés sur l'arbre primaire 37.

Ces divers organes 48 à 51 sont liés hydrauliquement les uns aux autres de la manière qui a été décrite ci-dessus en se référant à la figure 3, chacun des organes 48 et 49 pouvant être relié à tour de rôle à chacun des organes 50 et 51 par des distributeurs appropriés, les deux organes reliés à chaque instant étant alors associés à des clapets du type ci-dessus et les deux organes non reliés entre eux étant automatiquement mis hors circuit.

Le fonctionnement de cette boîte se comprendra facilement par l'exemple suivant :

Lorsque la demi-boîte 46 transmet le couple moteur de l'arbre 38 à l'arbre 44 à travers l'embrayage 39 et l'une de ses deux « vitesses », l'embrayage 40 est débrayé et le crabot de la demi-boîte 47 est au point mort : le primaire 37 est donc libre et il est possible de l'entraîner à toute vitesse désirable, par le jeu des liaisons hydrauliques entre les organes 48 à 51, en fonction de la « vitesse » future à adopter. Dès que cette vitesse est atteinte, on peut craboter dans la demi-boîte 47 la combinaison désirée, ce qui se fait sans choc en raison de la synchronisation réalisée. Il suffit alors d'embrayer l'embrayage 40 pour mettre en service cette demi-boîte 47 tout en débrayant l'embrayage 39 ou en mettant en roue libre la demi-boîte 46.

En suite de quoi, et quel que soit le mode de réalisation adopté, on obtient finalement un dispositif de synchronisation hydrovolumétrique d'arbres tournants donnant entière satisfaction, même pour les arbres destinés à transmettre des puissances considérables tels que ceux des boîtes de vitesses équipant les locomotives de 2 000 CV et davantage.

A titre purement indicatif on signale que la pression de l'huile en circulation dépasse couramment 100 kg/cm², que le débit de cette huile peut être de l'ordre de plusieurs dizaines ou centaines de litres par minute et que le temps de réponse de la synchronisation ne dépasse en général pas la seconde.

Comme il va de soi et comme il résulte d'ailleurs déjà de ce qui précède, l'invention ne se

limite nullement à celui de ses modes d'application, non plus qu'à ceux des modes de réalisation de ses diverses parties, ayant été plus particulièrement envisagés; elle en embrasse, au contraire, toutes les variantes.

RÉSUMÉ

L'invention a pour objet des perfectionnements apportés aux dispositifs pour synchroniser deux arbres tournants, c'est-à-dire pour rendre progressivement égal à une valeur donnée le rapport entre les vitesses de rotation de ces deux arbres, provisoirement désaccouplés, en vue notamment de les accoupler sans à-coup, lesdits perfectionnements comprenant les caractéristiques suivantes, considérées séparément ou en combinaison :

1° On fait comprendre aux dispositifs en question deux ensembles de pompage volumétrique montés respectivement sur les deux arbres à synchroniser et susceptibles de fonctionner chacun aussi bien en moteur qu'en récepteur, l'un au moins de ces ensembles étant prévu de façon à fonctionner selon au moins deux régimes différents (c'est-à-dire admettant au moins deux valeurs différentes pour le rapport entre sa vitesse de rotation et le débit du liquide qui le traverse), deux canalisations reliant respectivement la sortie de chacun de ces deux ensembles à l'entrée de l'autre, des moyens anti-retour pour admettre librement le liquide de pompage sous pression dans chacune de ces canalisations et des moyens pour évacuer ledit liquide de chacune desdites canalisations sous une contre-pression, de préférence réglable, supérieure à celle qui correspond à la synchronisation recherchée;

2° Dans un dispositif selon 1°, l'un des ensembles de pompage volumétrique est une pompe hydraulique à débit variable et l'autre un moteur hydraulique à débit constant;

3° Dans un dispositif selon 1°, l'un au moins des ensembles de pompage volumétrique est composé de deux pompes hydrauliques à débit constant susceptibles d'intervenir à tour de rôle et, le cas échéant, simultanément;

4° Dans un dispositif selon au moins 1°, on prévoit des moyens de distribution sensibles à la différence entre les pressions qui règnent respectivement dans les deux canalisations pour relier automatiquement à la canalisation dans laquelle la pression est la plus élevée un clapet d'évacuation sous pression et à l'autre canalisation un clapet anti-retour d'admission.

VICTOR APSTEIN et PIERRE LEBOIME

Par procuration :

PLASSERAUD, DEVANT, GUTMANN, JACQUELIN, LEMOINE

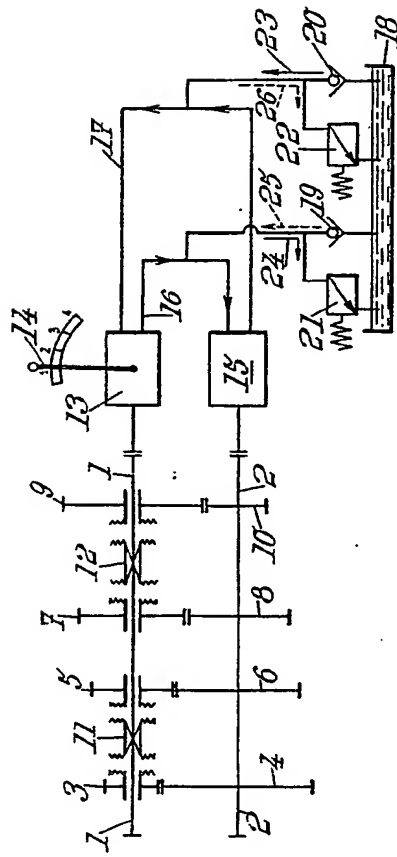


Fig. 1.

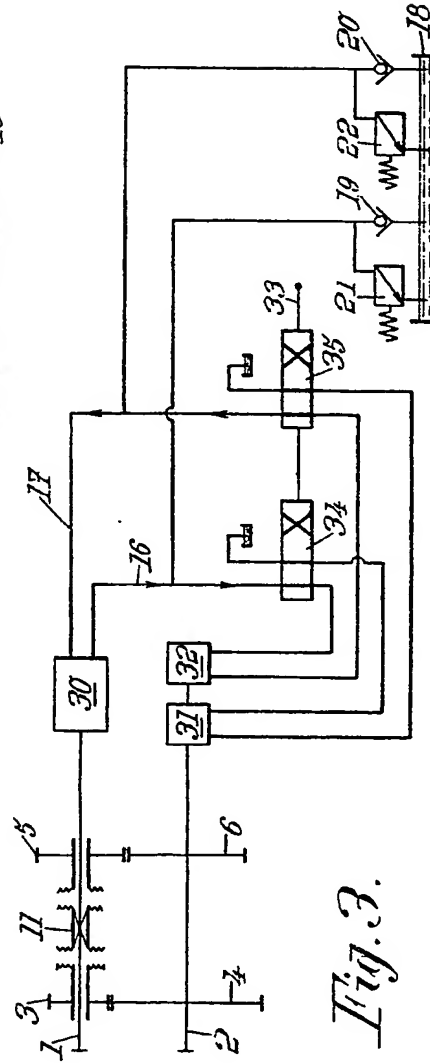


Fig. 3.

Fig. 2.

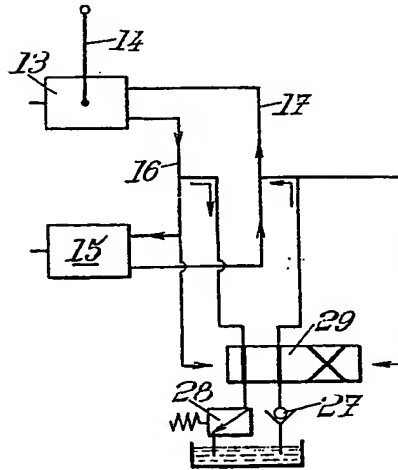


Fig. 4.

